

**Device for feeding a UV laser into a confocal laser scanning microscope**

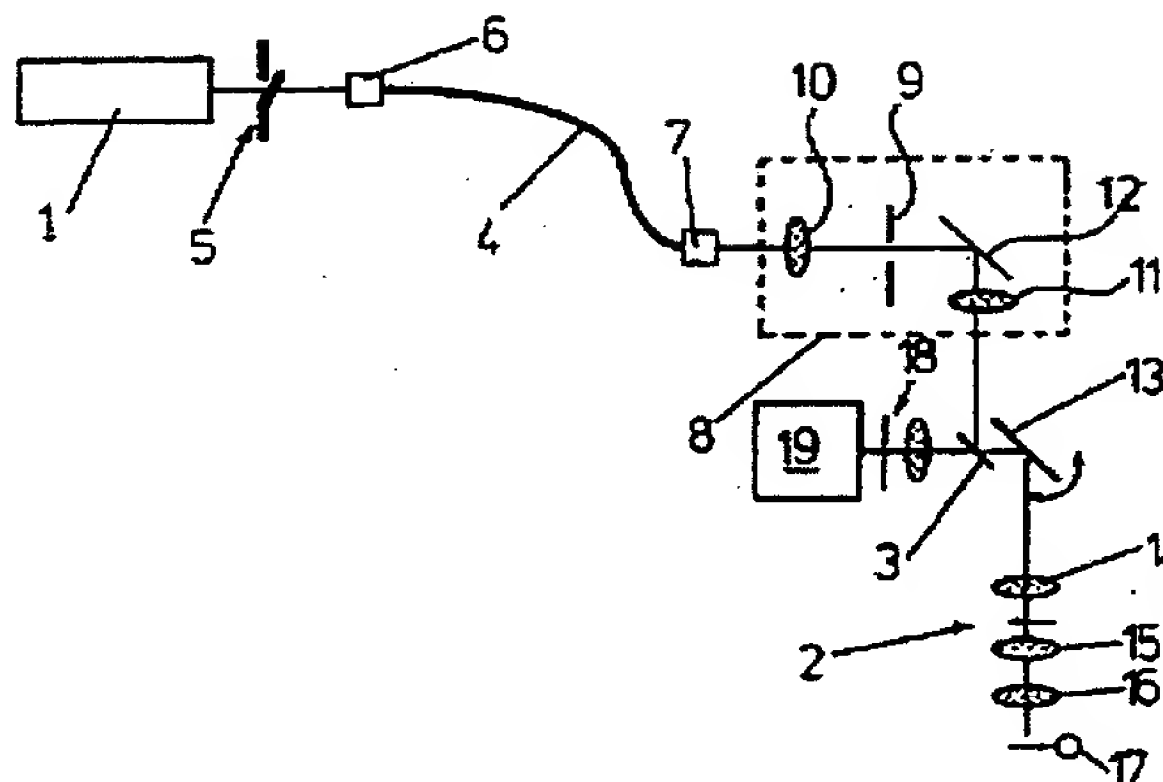
**Patent number:** DE4446185  
**Publication date:** 1996-02-29  
**Inventor:** ENGELHARDT JOHANN DR (DE); ULRICH HEINRICH DR (DE); KIERSCHKE KLAUS (DE)  
**Applicant:** LEICA LASERTECHNIK (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G02B21/00; G02B26/04; G02F1/01  
- **European:** G02B21/00M4A; G02B21/16  
**Application number:** DE1994446185 19941223  
**Priority number(s):** DE1994446185 19941223; DE19944430012 19940825; DE19944431912 19940908

Also published as:

WO9606377 (A1)  
EP0734539 (A1)  
US5903688 (A1)  
EP0734539 (B1)

**Abstract of DE4446185**

The invention concerns a device for feeding the light beam from a UV laser (1) into a laser scanning microscope (2) with a device (3) for aligning the laser beam with the beam path of the microscope (2) and with an optical-fibre element (4) located between the UV laser (1) and the beam-alignment device (3). The aim of the invention is to design the feed device so that it can be used for long periods in order to keep the time and expense necessary to change the feed device as low as possible. To achieve this, the invention proposes that a shutter (5) is located between the UV laser (1) and the optical-fibre element (4), the shutter allowing the beam from the UV laser (1) to pass through the optical-fibre element (4) only during scanning, i.e. when pictures are being generated.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 46 185 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 02 B 21/00**  
G 02 B 26/04  
G 02 F 1/01

②① Aktenzeichen: P 44 46 185.2  
②② Anmeldetag: 23. 12. 94  
④③ Offenlegungstag: 29. 2. 96

DE 44 46 185 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
25.08.94 DE 44 30 012.3 08.09.94 DE 44 31 912.6

⑦① Anmelder:  
Leica Lasertechnik GmbH, 69120 Heidelberg, DE

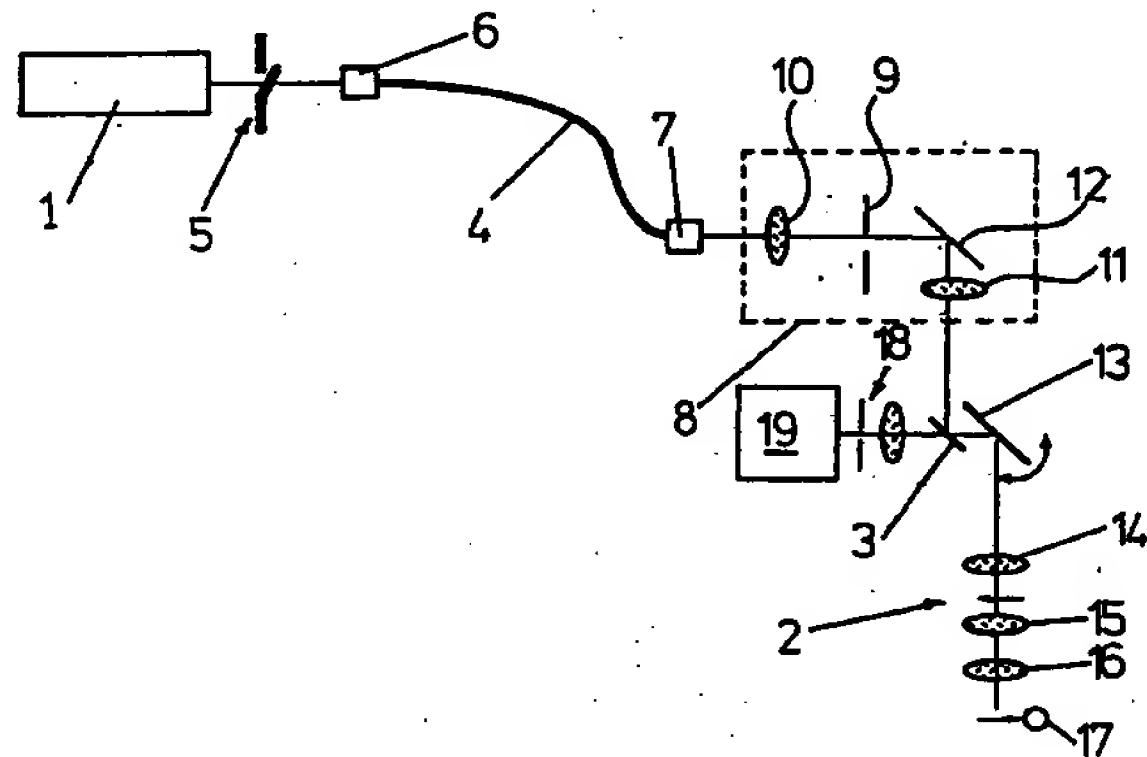
⑦④ Vertreter:  
Ullrich & Naumann, 69115 Heidelberg

⑦② Erfinder:  
Engelhardt, Johann, Dr., 69198 Schriesheim, DE;  
Ulrich, Heinrich, Dr., 69121 Heidelberg, DE;  
Kierschke, Klaus, 69198 Schriesheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop

⑤⑦ Eine Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers (1) in ein Laser-Scanmikroskop (2) mit einer Justiereinrichtung (3) zum Ausrichten des Lichtstrahls auf den Strahlengang des Laser-Scanmikroskops (2) und mit einem zwischen dem UV-Laser (1) und der Justiereinrichtung (3) angeordneten Lichtleitfaserelement (4), soll so ausgebildet werden, daß sie langfristig einsetzbar ist, um den durch Wechseln der Einkopplungsvorrichtung bedingten Aufwand so gering wie möglich zu halten. Dazu wird vorgeschlagen, zwischen dem UV-Laser (1) und dem Lichtleitfaserelement (4) ein Scanshutter (5) anzuordnen, über den das Lichtleitfaserelement (4) nur während des Scannens, also zur Aufnahme von Bildern, für den Lichtstrahl des UV-Lasers (1) freigebbar ist.



DE 44 46 185 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.96 508 069/448

7/29

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop mit einer Justiereinrichtung zum Ausrichten des Lichtstrahls auf den Strahlengang des Laser-Scanmikroskops und mit einem zwischen dem UV-Laser und der Justiereinrichtung angeordneten flexiblen Lichtleitfaserelement.

Aus dem Stand der Technik sind prinzipiell zwei unterschiedliche Möglichkeiten zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines Lasers in ein Laser-Scanmikroskop bekannt. Beispielhaft sei hier auf die Offenlegungsschrift der internationalen Patentanmeldung WO 92/18850 und auf die Offenlegungsschrift der europäischen Patentanmeldung 0 592 089 hingewiesen. In beiden Druckschriften wird eine direkte Einkopplung des UV-Laser-Lichts über eine mechanisch starre Anordnung von optischen Bausteinen, wie Linsen, Filter, Lochblenden, etc. beschrieben. Infolge dieser Art der Einkopplung entstehen sehr große optisch-mechanisch zusammenhängende Systeme mit notwendigerweise langen Strahlengängen. Lange Strahlengänge wiederum führen zu Justierinstabilitäten des Systems. Ein großes Problem bei der Justierung solcher Systeme stellen die durch die Kühlung bedingten Vibrationen des Lasers dar. Bei einer optisch-mechanischen Direkteinkopplung des Laser-Lichtstrahls in das Scanmikroskop werden die Vibrationen der Laserkühlung oftmals auf das Mikroskop übertragen, so daß Bildstörungen entstehen und eine dauerhafte Justierung erheblich erschwert wird.

Alternativ zu einer Direkteinkopplung besteht die Möglichkeit der faseroptischen Lichteinkopplung, wie sie bspw. in der US-Schrift 5 161 053 u. a. auch für die Einkopplung von UV-Laserlicht beschrieben wird. Das Laserlicht wird über ein flexibles Lichtleitfaserelement in den Strahlengang des Mikroskops geleitet. Auf diese Weise läßt sich der Laser von dem Mikroskop quasi mechanisch entkoppeln, so daß die kühlungsbedingten Vibrationen des Lasers nicht auf das Mikroskop übertragen werden, sondern von dem flexiblen Lichtleitfaserelement abgefangen werden. Außerdem können dadurch die Strahlängen des Systems erheblich verkürzt werden. Es sind bereits Lichtleitfasern für UV-Laserlicht auf dem Markt. Tests haben jedoch gezeigt, daß deren Transparenz bei Bestrahlung mit mehr als 10 mW bereits nach wenigen Stunden irreversibel auf weniger als 10% der ursprünglichen Transparenz zurückgeht. Zurückzuführen ist dies vermutlich auf chemische bzw. photochemische Reaktionen zwischen der eigentlichen lichtleitenden Faser und deren Beschichtung, der sog. Coating. Aus diesem Grunde werden bislang UV-Laser in der Regel direkt in das Mikroskop eingekoppelt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop der in Rede stehenden Art anzugeben, mit der eine Übertragung der Vibration des Lasers auf das Mikroskop weitestgehend verhindert wird und die auch langfristig eingesetzt werden kann, um den durch Wechseln der Einkopplungsvorrichtung bedingten Aufwand so gering wie möglich zu halten.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Danach ist die eingangs genannte Vorrichtung derart ausgebildet, daß zwischen dem UV-Laser und dem Lichtleitfaserelement

ein Scanshutter angeordnet ist, über den das Lichtleitfaserelement nur während des Scannens, also zur Aufnahme von Bildern, für den Lichtstrahl des UV-Lasers freigebbar ist.

Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, daß zur Minimierung des Justieraufwands die mechanische Entkopplung des Lasers vom Mikroskop erforderlich ist. Es ist ferner erkannt worden, daß Lichtleitfaserelemente, die sich für Licht anderer Wellenlängen bewährt haben, auch in Verbindung mit UV-Laserlicht das Mittel der Wahl sind. Davon ausgehend ist erkannt worden, daß die Verschlechterung der Transparenz einer Lichtleitfaser zum einen von der Bestrahlungsleistung und zum anderen von der Bestrahlungsdauer abhängt, so daß die Lebensdauer einer Lichtleitfaser bzw. deren Brauchbarkeit zum Einkoppeln des UV-Laserlichts erheblich verlängert werden kann, wenn eine Bestrahlung der Lichtleitfaser nur während des Scannens, also zur Aufnahme von Bildern, erfolgt. Es ist nämlich auch erkannt worden, daß eine Bestrahlung des Lichtleitfaserelements mit UV-Laserlicht bspw. während des Anlaufens des Lasers oder der Objekteinrichtung vor dem eigentlichen Abbilden bzw. anderen Experimentvorbereitungszeiten oder zum Justieren der gesamten optischen Anordnung nicht erforderlich ist. Es ist schließlich erkannt worden, daß eine Bestrahlung des Lichtleitfaserelements auf einfache und vorteilhafte Weise mit Hilfe eines zwischen dem UV-Laser und dem Lichtleitfaserelement angeordneten Scanshutters abgestellt werden kann, der das Lichtleitfaserelement nur während des Scannens freigibt.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, einen solchen Scanshutter zu realisieren. Der Scanshutter kann in Form einer mechanischen Blende oder Fahne realisiert sein, durch die der Lichtstrahl des UV-Lasers einfach ausblendbar ist. Dabei ist zu beachten, daß sich derartige mechanische Scanshutter relativ langsam schalten lassen. Die Schaltung kann bspw. elektromagnetisch angetrieben werden und automatisch mit dem Scannen synchronisiert werden. Der Scanshutter kann aber auch in vorteilhafter Weise durch elektro- und/oder magneto-optische Modulationsmittel gebildet sein, durch die der Lichtstrahl des UV-Lasers abgelenkt wird. Als derartige optische Schalter können bspw. Modulationsmittel in Form von schnellen Flüssigkristallen oder anderen optisch aktiven Komponenten eingesetzt werden, die computergesteuert geschaltet werden können und so ebenfalls zeitlich mit dem Scannen koordiniert werden können.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann die erfindungsgemäße Vorrichtung einen oder mehrere Filter umfassen, die zwischen dem UV-Laser und dem Scanshutter oder zwischen dem Scanshutter und dem Lichtleitfaserelement angeordnet sind. Derartige Filteranordnungen werden zum Ausblenden von bestimmten Wellenlängenbereichen des Laserlichts eingesetzt. Die Notwendigkeit zur Verwendung von Filteranordnungen ergibt sich in der Regel aus der Art der durchzuführenden Messungen und Meßobjekte. Wesentlich ist, daß bei der beanspruchten Anordnung der Filter im Strahlengang vor dem Lichtleitfaserelement auch die Filter vom Mikroskop mechanisch entkoppelt sind. Dies ist insbesondere bei Verwendung eines Filterrades vorteilhaft, das mehrere Filter umfaßt, welche durch mechanische Bewegung, nämlich Drehung des Rades, im Strahlengang positioniert werden. Die Drehung des Filterrades ist genauso wie die Kühlung des UV-Lasers mit Vibrationen verbunden, die möglichst nicht auf das Mi-

kroskop übertragen werden sollten.

Als besonders vorteilhaft hat sich die Verwendung eines Single-Mode-Lichtleitfaserelements erwiesen, da sich dann das Licht im Laser-Scanmikroskop besonders gut fokussieren läßt. Zur besseren Energieübertragung vom UV-Laser zum Laser-Scanmikroskop sind in einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung an einem Ende des Lichtleitfaserelements ein Lichteinkoppler und entsprechend am anderen Ende des Lichtleitfaserelements ein Lichtauskoppler angeordnet.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß der UV-Laserstrahl nur dann in die Lichtleitfaser gespeist wird, wenn er zur Bildaufnahme tatsächlich benötigt wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß eine Justierung des UV-Laserlichtstrahls auf den Strahlengang des Laser-Scanmikroskops auch mit sichtbarem Licht vorgenommen werden kann. D.h., daß der UV-Laser zum Justieren nicht eingeschaltet sein muß, zumindest jedoch eine Bestrahlung des Lichtleitfaserelements mit UV-Laserlicht zum Justieren nicht erforderlich ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zur Justierung mit sichtbarem Licht ein optischer Baustein zwischen dem Lichtleitfaserelement und der eigentlichen Justiereinrichtung angeordnet, über den das aus dem Lichtleitfaserelement austretende sichtbare Licht mit definiertem Strahlengang auf die Justiereinrichtung geführt wird. In der Regel wird der optische Baustein zur Parallelisierung des aus dem Lichtleitfaserelement austretenden sichtbaren Lichts dienen. Es kann sich dabei in vorteilhafter Weise um eine Lochblenden-Optik mit einer Linse oder einem Linsensystem, einer sog. Pinhole-Optik, handeln. Möglich wäre auch der Einsatz einer Teleoptik zur Verkürzung des Strahlengangs. Der optische Baustein dient lediglich zur Justierung mit sichtbarem Licht. Beim eigentlichen Scannen mit UV-Laserlicht spielt dieser optische Baustein keine Rolle. Er könnte daher nach dem Justieren aus dem Strahlengang der Meßanordnung entfernt werden, bspw. durch Heraus-schwenken.

Auch die Justiereinrichtung kann auf unterschiedlichste Weise realisiert sein. Sie wird jedoch regelmäßig ein Ablenkungselement umfassen, wozu bspw. eine einstellbare Linse oder auch ein dichroitischer Strahlteiler oder Strahlvereiniger — je nach Meßanordnung — dienen kann.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert.

Die einzige Figur zeigt in schematischer Darstellung einen möglichen Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop.

Die in der einzigen Figur dargestellte Vorrichtung dient zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers 1 in ein Laser-Scanmikroskop 2. Das Laser-Scanmikroskop 2 ist hier lediglich andeutungsweise durch einen sog. Scanspiegel 13 und ein Okular 14 dargestellt. Die Vorrichtung umfaßt eine Justiereinrichtung 3 zum Ausrichten des Laser-Lichtstrahls auf den Strahlengang des

Laser-Scanmikroskops 2. Außerdem ist zwischen dem UV-Laser 1 und der Justiereinrichtung 3 ein flexibles Lichtleitfaserelement 4 angeordnet. Aufgrund der Flexibilität des Lichtleitfaserelements 4 wird der Laser 1 quasi mechanisch vom Laser-Scanmikroskop 2 entkoppelt, so daß bspw. kühlungsbedingte Vibrationen des Lasers 1 nicht auf das Laser-Scanmikroskop 2 übertragen werden.

Erfindungsgemäß ist zwischen dem UV-Laser 1 und dem Lichtleitfaserelement 4 ein sog. Scanshutter 5 angeordnet, über den das Lichtleitfaserelement 4 nur während des Scannens, also zur Aufnahme von Bildern, für den Lichtstrahl des UV-Lasers 1 freigebbar ist.

Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Scanshutter 5 in Form einer mechanischen Blende dargestellt, die den Laser-Lichtstrahl einfach vor dem Lichtleitfaserelement 4 ausblendet. Diese Blende 5 wird vorzugsweise automatisch, synchronisiert mit dem Scannen betätigt. Bei geöffnetem Scanshutter 5 fällt der Laserlichtstrahl auf einen am Ende des Lichtleitfaserelements 4 angeordneten Lichteinkoppler 6. Entsprechend ist am anderen Ende des Lichtleitfaserelements 4 ein Lichtauskoppler 7 angeordnet. Das Lichtleitfaserelement 4 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine Single-Mode-Lichtleitfaser.

Zwischen dem Lichtleitfaserelement 4 bzw. dem Lichtauskoppler 7 und der Justiereinrichtung 3 ist ein optischer Baustein 8 angeordnet, der zur Justierung des aus dem Lichtleitfaserelement 4 austretenden Laser-Lichtstrahls dient. Die Justierung erfolgt allerdings nicht mit dem Laser-Lichtstrahl selbst, sondern bei — mit Hilfe des Scanshutters 5 — ausgeblendetem Laser-Lichtstrahl mit Hilfe von sichtbarem Licht, das aus dem Lichtleitfaserelement 4 austritt. Der optische Baustein 8 dient dazu, dieses sichtbare Licht zu parallelisieren. Dazu umfaßt der optische Baustein 8 eine Lochblendenoptik mit einer Lochblende 9 und zwei Linsen 10 und 11, die jeweils im Strahlengang vor und hinter der Lochblende 9 angeordnet sind. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist ferner ein Umlenkspiegel 12 vorgesehen, der sich jedoch nicht auf die Funktion der Lochblendenoptik auswirkt. Mit Hilfe der Lochblendenoptik wird der Strahlengang des aus dem Lichtleitfaserelement 4 austretenden sichtbaren Lichts entsprechend dem zu erwartenden Strahlengang des Laser-Lichtstrahls ausgerichtet. Auf diese Weise ist eine Justierung der Gesamtanordnung für das UV-Laserlicht unter Zuhilfenahme von sichtbarem Licht möglich.

Als Justiereinrichtung 3 dient in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ein dichroitischer Strahlteiler bzw. Strahlvereiniger. Der Laserstrahl wird über den Scanspiegel 13, durch das Okular 14, durch die Tubuslinse 15 und das Objektiv 16 auf das Objekt 17 gelenkt. Der vom Objekt 17 zurücklaufende Lichtstrahl wird in zwei Teilstrahlen mit unterschiedlicher Wellenlänge aufgeteilt. Diese Teilstrahlen werden in unterschiedliche Richtung gelenkt.

Der nicht abgelenkte Teil des vom Objekt 17 kommenden Lichtstrahls (Fluoreszenzlicht oder Reflexionslicht) wird über eine Pinhole-Optik 18 dem konfokalen Detektor 19 zugeführt.

Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers in ein Laser-Scanmikroskop, die in der einzigen Figur nicht dargestellt sind, wird auf den allgemeinen Teil der Beschreibung verwiesen.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß die



erfindungsgemäße Lehre nicht auf das voranstehend erörterte Ausführungsbeispiel beschränkt ist. Die erfindungsgemäße Lehre läßt sich vielmehr auch bei Verwendung von konstruktiv andersartigen Scanshuttern und einer anderen optischen Anordnung für das Justieren mit sichtbarem Licht realisieren. 5

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einkoppeln des Lichtstrahls eines UV-Lasers (1) in ein Laser-Scanmikroskop (2) mit einer Justiereinrichtung (3) zum Ausrichten des Lichtstrahls auf den Strahlengang des Laser-Scanmikroskops (2) und mit einem zwischen dem UV-Laser (1) und der Justiereinrichtung (3) angeordneten flexiblen Lichtleitfaserelement (4), dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem UV-Laser (1) und dem Lichtleitfaserelement (4) ein Scanshutter (5) angeordnet ist, über den das Lichtleitfaserelement (4) nur während des Scannens, also zur Aufnahme von Bildern, für den Lichtstrahl des UV-Lasers (1) freigebbar ist. 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Scanshutter (5) in Form einer mechanischen Blende oder Fahne realisiert ist, durch die der Lichtstrahl des UV-Lasers (1) ausblendbar ist. 25
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Scanshutter (5) durch elektro- und/oder magneto-optische Modulationsmittel gebildet ist, durch die der Lichtstrahl des UV-Lasers (1) ablenkbar ist. 30
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem UV-Laser und dem Scanshutter oder zwischen dem Scanshutter und dem Lichtleitfaserelement mindestens ein Filter angeordnet ist. 35
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem UV-Laser und dem Scanshutter oder zwischen dem Scanshutter und dem Lichtleitfaserelement mehrere austauschbare Filter, vorzugsweise ein Filterrad, zum Auswählen von bestimmten Wellenlängenbereichen angeordnet sind. 40
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtleitfaserelement (4) eine Single-Mode-Lichtleitfaser dient. 45
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß an einem Ende des Lichtleitfaserelements (4) ein Lichteinkoppler (6) und entsprechend am anderen Ende des Lichtleitfaserelements (4) ein Lichtauskoppler (7) angeordnet sind. 50
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Lichtleitfaserelement (4) und der Justiereinrichtung (3) mindestens ein optischer Baustein (8) angeordnet ist, über den sichtbares Licht mit definiertem Strahlengang aus dem Lichtleitfaserelement (4) auf die Justiereinrichtung (3) führbar ist. 55
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Baustein (8) das aus dem Lichtleitfaserelement (4) austretende sichtbare Licht parallelisiert. 60
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Baustein (8) eine Lochblenden-Optik mit einer Linse (10, 11) oder einem Linsensystem umfaßt. 65

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Baustein (8) nach dem Ausrichten des aus dem Lichtleitfaserelement (4) austretenden sichtbaren Lichts auf den Strahlengang des Laser-Scanmikroskops (2) entferntbar ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Justiereinrichtung mindestens eine einstellbare Linse umfaßt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Justiereinrichtung (3) mindestens einen dichroitischen Strahlteiler oder Strahlvereiniger umfaßt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

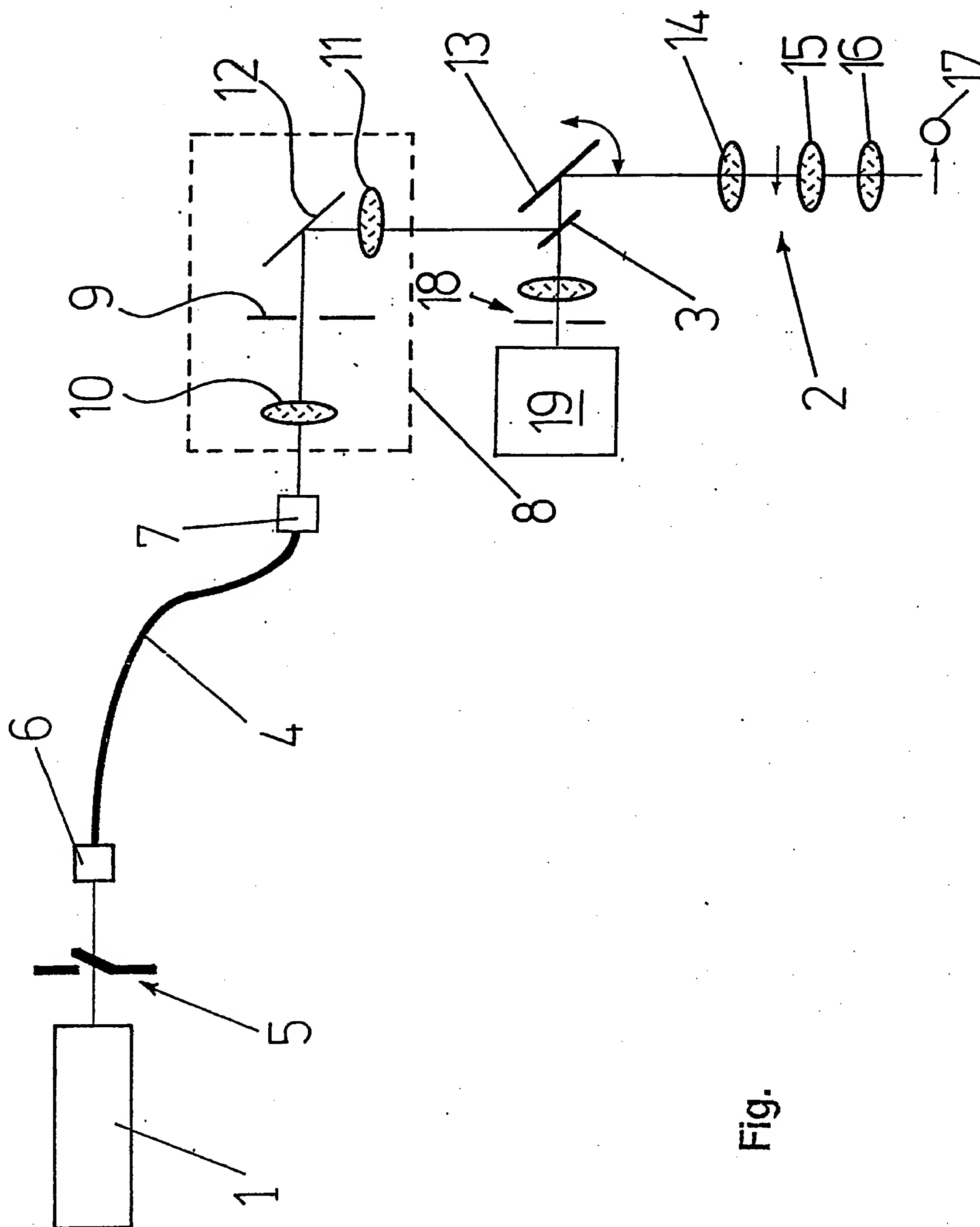


Fig.